

**RHEOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN  
DER OBEREN UND UNTEREN EXTREMITÄTEN  
BEI HEMIPLEGIA SPASTICA INFANTILIS**

**Hans Herbert Donhauser**

**1973**





Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41553803\\_0048](https://archive.org/details/IA41553803_0048)



Aus der Orthopädischen Poliklinik der Universität München  
Direktor : Professor Dr.A.N.Witt

RHEOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER OBEREN UND UNTEREN  
EXTREMITÄTEN BEI HEMIPLEGIA SPASTICA INFANTILIS



Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Hans Herbert Donhauser  
aus Gauting  
München 1973



Berichterstatter : Prof.Dr.A.Göb

Mitberichterstatter : Prof.Dr.A.N.Witt

Dekan : Prof.Dr.W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 6. 2. 1973

Rheographische Untersuchung der oberen und unteren  
Extremitäten bei der Hemiplegia spastica infantilis

Inhalt

- A. Einleitung
- B. Literatur
  - 1. Spastische Lähmungen
  - 2. Die Rheographie
- C. Eigene Untersuchungen
  - 1. Krankengut
  - 2. Versuchsanordnung
  - 3. Fehlerquellen
- D. Ergebnisse
  - 1. Resultate
  - 2. Beispiele
  - 3. Statistik
- E. Diskussion
- F. Zusammenfassung



## A. Einleitung

Lange bevor sich die Medizin mit der cerebralen Kinderlähmung auseinandersetzte, kam dieses Leiden in der Dichtung und in der Malerei zur Darstellung. Dabei entwickelten die Künstler zum Teil eine außerordentliche Beobachtungsgabe. Erwähnt seien hier nur zwei Beispiele; einmal das Bild "le pied-bot" des spanischen Malers Ribera (1588 - 1665), in dem ein Junge in der typischen Haltung einer rechtseitigen infantilen Hemiplegie um Almosen bittet. Das Kind muß sich dazu eines Zettels bedienen, den es krampfhaft in der Hand hält, da es der Sprache nicht mächtig ist. Zum anderen verweist W.J. Little, der erste ärztliche Beschreiber der allgemeinen Starre der cerebralen Kinderlähmung, in seinen "Lectures on the Deformities of the human Frame" auf die Beschreibung von Richard III. durch Shakespeare.

Während man jahrhundertlang für die spastisch gelähmten Kinder nichts tun konnte, hat man heute durch die Zusammenfassung dieser Kranken in Spastikerzentren, wo sie krankengymnastisch, schulisch und ärztlich betreut werden, zum Teil sehr gute Erfolge erzielen können. Dadurch ist auch ganz allgemein das Interesse an der cerebralen Kinderlähmung gewachsen.

Gegenstand der hier vorliegenden Untersuchung waren die von manchen Kindern vorgebrachten Klagen über kalte Hände und Füße, die häufig auch objektiv ins Auge stachen.

Es ging darum nachzuprüfen, ob signifikant eine arterielle Minderdurchblutung der erkrankten Extremitäten gegenüber der gesunden vorliegt, und inwieweit die spastische Kinderlähmung dafür als Ursache anzuklagen ist.

## B. Literatur

### I. Die infantile Cerebralparese

#### 1. Definition

Die cerebrale Kinderlähmung hat, bedingt durch das klinische Bild, die Ätiologie, die Lokalisation des Schadens und durch die pathologische Anatomie sehr viele Erscheinungsbilder.

Hallervorden definierte die verschiedenen Krankheitsbilder als stationäre Endzustände, die durch Schädigung des zentralen Nervensystems während der Entwicklung und Reifung entstanden seien ( 1 )

#### 2. Pathogenese

Einteilung der möglichen Ursachen der Cerebralparese nach Asperger (modifiziert nach Frischknecht)

I. Ursachen im Kind: Genetisch bedingte Störung  
Gametopathie, Embryopathie, Fetopathie, Frühgeburt.

II. Plazentare Insuffizienz: Nephropathie, Dysmaturität, Blutung, abnormer Sitz oder Bau.

III. Ursachen in der Mutter: Infektion, Hypoxie, Toxämie, Mangelzustände.

IV. Geburtstrauma:            Auf Nabelschnur, Halsgefäße,  
Luftwege, Schädel; Wirbelsäule.

V. Postnatale Insuffizienz:        Frühgeburt, Kernikterus,  
Meningitis, Encephalitis, Trauma (2)

### 3. Klinische Einteilung

Für den klinischen Bedarf ist die Einteilung nach den Symptomen in Spastik, Athetose und Ataxie die Gebräuchlichste.

### 4. Wesen der spastischen Lähmungen

Die Spastik ist durch eine besondere Starre der Extremitäten und des Rumpfes charakterisiert. Diese Starre kann sowohl die oberen, wie auch die unteren Extremitäten zusammen, als auch die untere Extremität allein betreffen.

Bei der Spastik ist eine Tonusvermehrung des Muskels bei rascher Dehnung am vermehrten Widerstand zu erkennen. Die Reflexe sind hochgradig gesteigert, und es kommt bei der Auslösung von Eigenreflexen zu übermäßigen Kontraktionen der Muskulatur. Bei Eigeninnervation werden ständig überschießende Muskelkontraktionen ausgelöst. Der Muskel ist tonisch kontrahiert und zeigt in situ keine Bewegung. Bei aktiver Bewegung ergeben elektromyographische Untersuchungen eine schnelle, gleichzeitige Innervation von Synergisten und Antagonisten ( 1 )

## 5. Neurologie

Die Spastik zählt zu dem pyramidalen Formenkreis der infantilen Cerebralparese, da die Schädigung hierbei in den Rindenfeldern und Adversivfeldern der Pyramidenbahn im Bereich der Großhirnrinde oder in den motorischen, sensiblen und sensorischen Rindenfeldern zu suchen ist. "Der Schaden wird vor allem an der Pyramidenbahn wirksam, die der Abteilung der willkürlichen Bewegungsimpulse dient."

"Die Ursache der Spastik wird nicht mehr in der Enthemmung durch Ausfall der Pyramidenbahn gesehen, sondern es wird ein Schaden des Einstellmechanismus des Tonusystems (Gamma-System) angenommen, der schließlich zu einer ständigen Aufladung über das efferente Gamma-System führt." ( 1 ) "So verschwindet die Spastizität, ohne daß Lähmungen aufzutreten brauchen, durch eine Blockierung der Spindelafferenzen oder der Gamma-Efferenzen durch eine Lumbalanästhesie, Hinterwurzeldurchtrennung oder die Lokalanästhesie eines peripheren Nerven." ( 4 ) Das efferente Gamma-System ist ein Regelsystem, das den spinalen Reflexbogen auslöst. Die Neuriten der Gamma-Motoneurone ziehen nämlich zu innerhalb der Muskelspindeln, d.h. intrafusalen Muskelfasern. Sie innervieren somit die Muskelspindeln, d.h. die Rezeptoren für Längenänderungen der extrafusalen Skelettmuskulatur. Wenn über die Ventralwurzeln nur Impulse aus den Gamma-Motoneuronen in die Muskulatur laufen, dann entsteht keinerlei Kontraktion der Arbeitsmuskulatur, sondern nur eine äußerlich unsichtbare Kontraktion der intrafusalen Muskulatur.

Diese Kontraktur wird aber durch afferente Fasern den Alpha-Vorderhornmotoneuronen mitgeteilt, die auf diesen Reiz hin eine Kontraktur der extrafusalen Muskulatur, also eine sichtbare Muskelkontraktur, bewirken.

Die Gamma-Motoneurone reagieren auf Schmerz, auf Muskeldehnung der eigenen Muskelfaser, auf Muskelkontraktion einer benachbarten Muskelfaser und vor allem auf supraspinale Impulse mit einer Aktivierung der Muskelspindeln, welche dann sekundär über die Spindelafferenzen zur Erregung der Alpha-Motoneuronen und damit zur extrafusalen Muskelkontraktion führt. ( 3 )

Da auch jede Reizung der Pyramidenbahn die Gamma-Efferenzen sofort erhöht, ist die Steigerung der Gamma-Aktivität als Dauerfolge der Pyramidenbahnschädigung anzusehen. Die Folge ist dann die Spastik, da die Muskulatur auf jeden Reiz überschießend reagiert.

Erwähnt sei noch, daß eine Erhöhung der Gamma-Aktivität auch durch die Reizung des reticulären Systems im Hirnstamm oder Zwischenhirn und eine Hemmung des Gamma-Systems durch Reizung des Hemmsystems im Tractus reticulo-bulbaris hervorgerufen werden kann.

## 6. Häufigkeit der spastischen Lähmungen

Da exakte Statistiken über die Zahl der an infantiler Cerebralparese Erkrankten fehlen, wird sie unterschiedlich angegeben.

|                    |                               |              |
|--------------------|-------------------------------|--------------|
| Asher und Schonell | 1,0 % in England              | 83 % Spastik |
| Shell-Thompson     | 1,5 % in Dänemark             |              |
| Nilsonne           | 0,6 % in Schweden             | 72 % Spastik |
| Andersen           | 1,9 % in Norwegen             |              |
|                    | Dunsdon 76 % Spastik          |              |
|                    | Skadvedt 56,7 % Spastik ( 5 ) |              |

## 7. Formen der spastischen Lähmungen

### a) Spastische Hemiplegie

Die Hemiplegie ist eine häufige Form der spastischen Lähmung unter Überlebenden Kindern. Nach Gäb ist ihr Anteil an allen spastischen Lähmungen  $1/3$ , nach Tönnis und Krenkel etwa 40-50 %.

Unter Hemiplegie verstehen wir eine Halbseitenlähmung, die den Arm gewöhnlich stärker beeinträchtigt als das Bein, wo gelegentlich nur spastische Reflexe oder Wachstumsstörungen auf die Mitbeteiligung hinweisen.

Eine Parese der Gesichtsmuskulatur ist meist weniger deutlich, gelegentlich kann auch die Schluckmuskulatur mitbetroffen sein.

Neurologisch lassen sich gesteigerte Eigenreflexe, pathologische Reflexe der Babinski-Reihe und ein erhöhter Muskeltonus nachweisen. Die Tonuserhöhung ist in den Flexoren und Pronatoren stärker als in den Extensoren.

Daraus resultiert die typische Beugekontraktur (Prädilektionshaltung). Zu diesen Dauerspasmus gesellen sich Intensionsspasmen, die den freien Gebrauch der Glieder besonders beeinträchtigen.

Neben den motorischen Ausfällen finden sich aber auch Gesichtsfeldausfälle und bei 50 % aller Fälle Sensibilitätsstörungen, wie Stereoagnosie, Störungen des Raumsinns und des Lageempfindens.

Berührungs-, Schmerz- und Temperaturempfinden sind seltener beeinträchtigt. (Tizard)

Ein wichtiges Symptom ist ferner die Entstehung trophischer Störungen, d.h. das verminderte Wachstum des Armes und des Beines, sowie die Atrophie der Muskulatur. Krenkel und Tönnis beobachten in ihrem Krankengut in 68 % ihrer Fälle mit spastischer Hemiplegie eine Verkürzung und Atrophie der betroffenen Extremitäten.

In einem hohen Prozentsatz der hemiplegischen Kinder entwickelt sich ein Anfallsleiden. Die Angaben der Häufigkeit bewegen sich allerdings bei verschiedenen Autoren zwischen 24 - 43 %. ( 5 )

Als Ursache der Hemiplegia spastica kommt zeitweilige Ischämie im Gebiet der Carotis in Frage, die während der Geburt auftreten kann. Dadurch entstehen große Porenzephalien im Gebiet der Rinde und des Marks. Sie liegen meist um die Fissura sylvii, die das Prädilektionsgebiet für derartige hämodynamisch entstehende Hirndurchblutungsstörungen darstellt. ( 6 )

b) Diplegia spastica infantilis

Im Falle der Diplegia ist die Muskulatur der Beine einschließlich des Beckens spastisch. Die Kniee sind gestreckt, die Hüftgelenke adduziert und innenrotiert, die Füße stehen in Spitzfußstellung.

Beim Diplegiker ist ganz offensichtlich die Schwäche der Glutealmuskulatur, so daß bei gleichzeitiger Starre der Beine und bei der Schwäche der Rückenstreckmuskulatur die Erkrankten in den Hüftgelenken einknicken und nach vorne sinken. ( 1 )

Ist der Gang allein möglich, so entsteht das bekannte Bild des auf den Zehen stehenden, sich mühsam um die eigene Längsachse drehenden Kindes.

Strabismus, Sehnervenathropie und Pupillendifferenzen sind neben Sprachstörungen anzutreffen. Sensibilitätsstörungen gehören jedoch nicht zu dem Krankheitsbild. In 20-25 % treten epileptische Anfälle auf. Intelligenzstörungen sind häufig. Kombinationen mit Athetose und Ataxie sind möglich. Ein großer Teil der Diplegiker überlebt das erste Lebensjahr nicht, da Ernährungsstörungen und Infektanfälligkeit hinzukommen ( 5 )

Der Hirnschaden bei der Diplegia liegt in einem keilförmigen Bezirk, der sich mit der Basis beiderseits der Längs-

sinus in den medialen Teilen der Zentralwindung erstreckt und sich gelegentlich auch in die Tiefe ausbreitet, was dann zur Kombination der Beinspastik mit der Athetose der Arm- und Gesichtsmuskulatur führt.

Die Durchblutungsstörungen im Gehirn, vornehmlich venöse Stauungsödeme, hinterlassen im Markweiß einen zystischen Untergang und in den Stammganglien den Status marmoratus. ( 6 )

#### c) Weitere Krankheitsbilder

Wesentlich seltener sind die bilaterale Hemiplegie, eine Lähmung aller Gliedmaßen mit Bevorzugung der oberen Extremität, die Monoplegie und die Paraplegie, bei der nur die Beine spastisch gelähmt sind, während die Armmotorik verschont wird.

## II. Die Rheographie

Die Rheographie ist eine Methode, die in dem zu untersuchenden Meßbereich Spannungsschwankungen registriert und graphisch darstellt, die auf einer sich ständig ändernden Leitfähigkeit beruhen. Dies beruht im Prinzip darauf, daß der wechselnde Füllungszustand der Gefäße, hervorgerufen durch Systole und Diastole, über den unterschiedlichen Ionengehalt die beschriebenen Leitfähigkeitsschwankungen bedingt. Damit stellt die Rheographie gegenüber der Oszillometrie eine wesentliche Verfeinerung dar, da

eine Formanalyse der gewonnenen Kurven möglich ist und damit eine Beurteilung des arteriellen Gefäßsystems. ( 8 )

a) Prinzip

1945 veröffentlichten Holzer, Polzer und Marko eine Anordnung zur Messung der Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit im menschlichen Körper, die im Gegensatz zu den ersten Versuchen von Koeppen, Holzer und Polzer nun auf Wechselstrommessung beruhte. Sie benutzten dabei Wechselstrom mit einer Frequenz von 10 000 Schwingungen in der Sekunde. In der weiteren Entwicklung erwies sich die Verwendung einer Wheatstone'schen Brücke, womit man den Ohm'schen Widerstand im Patientenkreislauf direkt ablesen konnte, als vorteilhaft, da dieses Verfahren die quantitative Auswertung vereinfachte. Diese im Gerät "Rheograph" angewendete Meßanordnung besteht aus einem Generator, einer Meßbrücke mit nachgeschalteter Verstärkeranlage und einer Demodulations-einrichtung mit Abstimmkontrolle der Meßbrücke.

b) Meßfrequenz

Aufgabe des Generators ist es, die Meßbrücke mit Wechselspannung zu speisen. Als Frequenz werden Schwingungen von 20 000 - 30 000 pro Sekunde bevorzugt, weil der

Übergangswiderstand der Haut auf kapazitivem Weg überbrückt werden soll und der Patient den Durchgang des elektrischen Stromes bei der verwendeten Stromstärke von 10 mA nicht spürt.

c) Meßbrücke

Die Meßwechselspannung speist eine Wheatstone'sche Brücke (Abb. I). Der zu untersuchende Körperabschnitt des Patienten wird mit zwei Elektroden in diese Meßbrücke eingeschaltet und bildet einen der vier Zweige der Wheatstone'schen Brücke. Der Vergleichszweig wird durch eine variable Kapazität und einen variablen Ohm'schen Widerstand gebildet. Die beiden restlichen Zweige sind als Ohm'sche Widerstände ausgebildet. Die Brücke ist dann abgeglichen, wenn der Vergleichszweig auf gleiche Kapazität und gleichen Ohm'schen Widerstand wie der Patientenzweig eingestellt ist. Auf diesem Wege kann der Ohm'sche Widerstand im Patienten selbst bestimmt werden.

d) Eichung

In Reihe zum Patienten liegt ein Ohm'scher Widerstand, der durch Parallelschaltung weiterer Ohm'scher Widerstände in seiner Größe vermindert werden kann. Diese Parallelschaltung verursacht eine Erhöhung der Leitfähigkeit und damit einen Eichimpuls. Als Höhe der Eichzacke empfiehlt sich meist eine Widerstandsabnahme von 0,1 Ohm. Mit dieser Eichzacke vergleichen wir die im

Verlauf einer Pulswelle auftretenden Leitfähigkeitsänderungen.

e) Brückenabgleich

Neben dem Patienten und dem Vergleichszweig enthält die Meßbrücke noch zwei weitere, als Ohm'sche Widerstände ausgeführte Zweige. In einem dieser Zweige liegt eine Abgleichstaste, die einen Ohm'schen Widerstand überbrückt. Beim Brückenabgleich vor Abnahme des Rheogramms werden mit dem variablen Widerstand und der einstellbaren Kapazität des Vergleichszweiges die elektrischen Eigenschaften im Patientenkreis nachgebildet, was gelungen ist, wenn an der Brückendiagonale keine oder nur eine möglichst geringe Spannung herrscht. Nach Beendigung des Abgleichens wird mit Loslassen der Abgleichstaste ein zusätzlicher Ohm'scher Widerstand eingeschaltet, der eine kleine Verstimmung der Brücke hervorruft. Diese Verstimmung ändert sich mit der Leitfähigkeitsänderung im Patientenkreis.

f) Verstärkung

Da die im Rhythmus der Pulswelle auftretenden Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit sich in der Größenordnung von 1<sup>o</sup>/oo oder je nach Gefäßstörungen auch darunter bewegen, verwendet man einen auf Resonanz abgestimmten Verstärker, der noch dazu den Vorteil bringt,

das Rheogramm von Störungen durch den Netzstrom zu befreien. Durch Demodulation der verstärkten Meßwechselspannung durch einen Gleichrichter entsteht eine pulsierende Gleichspannung, deren Pulsation wiederum den Leitfähigkeitsschwankungen im Meßbereich proportional ist.

### g) Aufzeichnung

Zur Aufzeichnung dieser pulsierenden Spannung dient ein EKG-Apparat, der an den Rheographen mit einer Kapazitätskoppelung angeschlossen ist. Dadurch erreicht man eine Aufzeichnung nur der Pulsationen.

## 2. Physiologisch-physikalische Grundlagen

Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers kann nach Schäfer als eine Serienschaltung des Hauptübergangswiderstandes und des Widerstandes des Körperinneren angesehen werden. Dabei ist die Hautkapazität mit etwa 20 000 p F Pro cm<sup>2</sup> anzusetzen. Die Schwankungen der Blutfüllung werden durch die Messung der Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit im Körperinneren bestimmt. Mit der Gleichung, die man durch einfache Herleitung erhält

$$\Delta L = \frac{2 \cdot \delta}{l^2} V$$

konnte nachgewiesen werden, daß die Leitfähigkeit im Körperinneren sich direkt proportional zu den Füllungs-

zuständen der Gefäße verhält. In der Gleichung bedeutet:

$\Delta L$  = Änderung der Leitfähigkeit

$\Delta V$  = Änderung des Gefäßvolumens

$\lambda$  = spezifische Leitfähigkeit des Blutes

$l$  = Länge des Leiters

Die lineare Umsetzung der Leitfähigkeitsschwankungen in Spannungsschwankungen ist deshalb gesichert, weil die Widerstandsänderung durch die Pulsation nur in der Größenordnung von 1 Promille liegt.

### 3. Quantitative Auswertung des Rheogramms

Kedrov beschäftigte sich als erster damit, wie man aus der Amplitude der Rheogramme die Schwankung der Blutfüllung quantitativ berechnen konnte.

Kaindl, Polzer und Schufried modifizierten die Formel von Kedrov. Es gilt:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{A}{R}$$

$\Delta V$  = Volumenvergrößerung während einer Pulsation

$V$  = Ausgangsvolumen

$A$  = Amplitude des Rheogramms in Ohm

$R$  = Gesamtwiderstand des Meßbereichs

Diese Gleichung gilt nur unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen elektrischen Leitfähigkeit im gesamten Meßbereich, was zunächst als eine zu weitgehende Vereinfachung erscheint. Andererseits sind Änderungen des "relativen Pulsvolumens" wie man  $\Delta V/V$  bezeichnen könnte, meist recht erheblich, die Meßmethode also recht empfindlich.

Es ist aber noch zu betonen, daß aus der Amplitude des Rheogramms wohl das Pulsvolumens, nicht aber das Durchflußvolumen zu berechnen ist!

#### 4. Das Rheogramm bei normalen Gefäßen und dessen Veränderung durch physiologisch variable Größen

Die rheographische Kurve bei normalen Gefäßen entspricht weitgehend einer Volumpulscurve, wie sie zum Beispiel mit einem Volumplethysmographen aufgezeichnet werden kann. Sie ist gekennzeichnet durch einen steilen systolischen Anstieg mit exakt winkelliger Auslenkung aus der Basislinie, durch einen engen Kurvengipfel und eine im absteigenden Kurventeil deutlich erkennbare dikrote Nachwelle. Nach dieser sinkt die rheographische Kurve mehr oder weniger langsam zur Basislinie ab. Durch Vergleich mit verschiedenen Eichwiderständen ist es möglich, die Amplitude der rheographischen Kurve in Ohm auszudrücken. Wesentlich ist, daß sich die Amplitude in typischer Weise bei Veränderungen zum Beispiel des Schlagvolumens, der Herzfrequenz, des Blutdruckes und auch bei Veränderungen am Gefäßsystem selbst verändert.

Bevor Veränderungen der rheographischen Kurve auf Veränderungen der Zirkulation im Meßbereich, hervorgerufen durch funktionelle oder organische Durchblutungsstörungen, bezogen werden dürfen, muß der Einfluß der physiologisch variablen Größen, wie des Schlagvolumens der Herzfrequenz und des Blutdruckes soweit als möglich eliminiert werden.

Veränderungen des Schlagvolumens beziehungsweise der Herzfrequenz, ändern vornehmlich die Kurvenamplitude, nicht aber die Kurvenform.

Desweiteren ist der Durchströmungsdruck auf das Rheogramm von entscheidender Wirkung. Auch hierdurch wird in erster Linie die Kurvenamplitude und erst bei extrem niedrigen Werten die Kurvenform verändert.

Das Rheogramm kann leider nicht dazu herangezogen werden, das Durchflußvolumen durch den Meßbereich quantitativ zu bestimmen. Es erfaßt quantitativ nur das Pulsvolumen. Dies konnte durch folgenden Versuch bewiesen werden: Die Art. cubiti wurde eröffnet, das austretende Blut gemessen und fortlaufend ein Rheogramm aufgezeichnet. Bei Erhöhung des Druckes einer proximal der Wunde gelegenen Manschette über 90 mm Hg fiel die Amplitude rasch ab, während die Blutung immer noch 40 % des Ausgangswertes betrug.

Unterschiede im Durchmesser des untersuchten Meßbereiches, ebenso wie differenter Flüssigkeitsgehalt desselben führen zu Kurvenunterschieden, die nicht gefäßbedingt sind.

Ein Rheogramm über einer hochgradigen myatrophischen Extremität weist gegenüber der anderen gesunden Extremität deutlich höhere Amplituden auf. Sehr häufig wurde auch ein höherer Gesamtwiderstand des Meßbereiches festgestellt. Beide Tatsachen werden durch den Wegfall von Nebenschlüssen in der normalerweise gefäßreichen Muskulatur erklärt. Jedoch kommt es auch hierbei zu keiner Veränderung der Kurvenform, außer gelegentlich zu einer durch die Höhenzunahme der Amplitude bedingten Ausebnung der dikroten Nachwelle im absteigenden Kurventeil.

### C. Eigene Untersuchungen

#### I. Krankengut

Zur Untersuchung gelangten zwanzig Fälle von Hemiplegia spastica infantilis. Davon waren bei elf Patienten die rechte Körperhälfte und bei den restlichen neun die linke Körperhälfte betroffen. Das Alter der Patienten lag zwischen fünf und sechzehn Jahren. Das jugendliche Alter, wie auch die bei dieser Krankheit häufigen geistigen Defekte und die besondere Labilität der Kinder erschwerten die Untersuchungen zum Teil erheblich. Die Aufforderung, ruhig und entspannt und vor allem im Expiratorischen Atemstillstand zu liegen, war in dieser Form völlig erfolglos.

Die Kinder kamen meist schon in einem Zustand der Unruhe und Angst zu der Untersuchung, der sich durch das Anlegen der Elektroden gewöhnlich verstärkte. Dies hatte zur Folge, daß die Zeitaufwendung sehr groß war; in einem Fall dauerte die kontinuierliche Ableitung des Armrheogramms vierzig Minuten mit dem Erfolg zweier verwertbarer Kurven in Atemstillstand. Der Unterschied der Amplituden bei inspiratorischem <sup>zu expiratorischem</sup> Atemstillstand ist so gering, daß er nach Heidrich vernachlässigt werden kann.

## 2. Versuchsanordnung

Die Patienten legten sich auf ein normales Untersuchungsbett in einer ihnen bequemen Lage auf den Rücken. Zwei Zentimeter breite Leichtmetallstreifen wurden mit "Conducta-EKG-Paste" bestrichen und dienten als Elektroden. Sie wurden zirkulär angelegt und durch Klemmen sowohl gehalten als auch mit den zum Rheographen führenden Kabeln verbunden. Die Elektroden wurden immer an folgenden Stellen angelegt: An der oberen Extremität 30F unterhalb der Achselhöhle bis 10F oberhalb des caput ulnae, und an der unteren Extremität 40F unterhalb des Damms bis 10F oberhalb des Außenknöchels.

Das proximale Kabel leitet den Strom vom Rheographen zu dem Patienten und bringt Erdpotential an ihn, was das Auftreten von Wechselstromstörungen vermeidet.

Der distale Leiter übermittelt die Meßwechselspannung vom Patienten zum Rheographen. Beide Kabel sind isoliert, um Störungen durch umgebende Personen oder Bewegungen auszuschalten. Schreibt man gleichzeitig, wie wir es bei unserer Untersuchung machten, zwei Rheogramme, so muß man auf das richtige Anlegen der Elektroden achten, da die beiden proximalen Leiter nur bei richtiger Lage die zwei Meßwechselströme trennen können.

Vor Beginn der Messungen erfolgt der Brückenabgleich. Hierbei werden die elektrischen Eigenschaften im Patientenkreis mit Hilfe des variablen Widerstandes und der einstellbaren Kapazität des Vergleichszweiges nachgebildet. Sind Widerstand und Kapazität im Vergleichszweig den entsprechenden Größen im Patientenkreis gleich, so herrscht keine Spannung an der Brückendiagonale und ein magisches Auge macht diesen Zustand dadurch erkennbar, daß sein leuchtender Bereich die kleinste Ausdehnung anzeigt. Während des Abgleichens muß die Abgleichaste gedrückt werden. Danach wird durch Loslassen der Taste ein zusätzlicher Ohm'scher Widerstand eingeschaltet, der eine kleine Verstimmung der Brücke hervorruft, was aus folgenden Gründen notwendig ist: An zwei gegenüberliegenden Punkten, der aus vier Zweigen bestehenden Brücke, wird Spannung zugeführt, aus den beiden anderen Diagonalepunkten wird die Spannung abgenommen. Die Größe der abgenommenen Spannung hängt von der Größe der Verstimmung der Brücke ab. Leitfähigkeitsschwankungen im Patientenkreis verursachen damit Änderungen der Verstimmung der Brücke und damit Änderungen der Spannung am Ausgang. Um jedoch Spannungsschwankungen am Ausgang zu haben, die proportional den Leitfähigkeitsänderungen sind, muß an den Abnahmepunkten eine gewisse Trägerspannung herrschen. Bei Aufzeichnungen der Leitfähigkeitsänderung ist daher eine kleine Verstimmung der Brücke er-

forderlich, die diese Trägerspannung sicherstellt. Optisch zu erkennen ist dieser Vorgang wieder am menschlichen Auge, dessen leuchtender Bezirk größer wird. Die Ableitung erfolgte kontinuierlich, verwertet wurden nur die Kurven, die während des Atemstillstandes aufgezeichnet wurden. Die Einstellung des Verstärkers blieb bei allen Untersuchungen auf der Stufe 10 stehen. Die Aufzeichnung geschah auf EKG-Papier, das mit einer Geschwindigkeit von 50 mm/sec. lief.

### 3. Fehlerquellen

"Grundsätzlich lassen sich meßtechnisch fehlerfreie Rheogramme mit dem Schuhfried'schen Doppelrheographen registrieren" ( 9 ), jedoch gibt es verschiedene Faktoren, die zu verfälschten Ergebnissen führen können.

#### a) Länge des Meßbereiches

Bei Ableitungen mehrerer Meßbereiche, die miteinander verglichen werden sollen, ist darauf zu achten, daß die einzelnen Meßbereiche gleich groß sind. Zu starke Längendifferenzen können sich nämlich auf die Kurvenform und auf die Amplitudenhöhe auswirken. Tolerierbar ist eine Verschiebung der Elektrodenlänge am Oberschenkel von 5-10 cm und am Fuß von 5 cm.

#### b) Elektroden

Die Elektrodenbreite hat einen Einfluß auf die Amplitudenhöhe.

Mit abnehmender Breite sinkt die Amplitude. Wir benützten konstant Elektroden von zwei Zentimeter Breite. Bei dem Anlegen der Elektroden müssen venöse Stauungen vermieden werden, um Kurvenformveränderungen durch die venöse Abflußbehinderung auszuschalten.

Ebenso kommt es zu Kurvenveränderungen, wenn die Befeuchtung der Elektroden, in unseren Untersuchungen durch "Conducta-EKG-Paste", nicht gleichmäßig erfolgt, oder mehr als  $1/3$  des Leichtmetallstreifens trocken bleibt.

#### c) Körperlage

Unterschiedlich steile Lage des Oberkörpers auf dem Untersuchungsbett zwischen 10 und 15 Grad hat keinen Einfluß auf die Pulskurve.

#### d) Unterschiedliche Verstärkung

Die Verstärkung der Meßspannungsschwankungen muß bei der Ableitung von zwei Rheogrammen in beiden Meßbereichen gleich groß sein, da sonst grobe Unterschiede in der Kurvenform auftreten. Wir hatten während aller Untersuchungen die Verstärkung auf Stufe 10 eingestellt.

e) Subjektiver Einfluß beim Brückenabgleich

Während des Brückenabgleichs können durch subjektive Fehleinschätzungen der kleinsten Ausdehnung des leuchtenden Bereiches des magischen Auges Grundwiderstandsunterschiede auftreten, die jedoch nur 5-10 Ohm groß sind und weder die rheographische Pulskurvenform, noch den rheographischen Quotienten ändern.

f) Spontanänderungen der Meßempfindlichkeit

Heidenreich zeigte, daß sich unter Verwendung normaler Elektroden mittels verschiedener Lösungen von unterschiedlicher, aber konstanter elektrischer Leitfähigkeit nachweisen ließ, daß die Meßbereiche der Rheographen über insgesamt 40 Min. keine Änderung der Meßempfindlichkeit aufwiesen. Unsere Messungen waren stets innerhalb dieser Zeitspanne beendet.

g) Beurteilung der Rheographie

Heidrich, der sich intensiv mit dem Einfluß unterschiedlicher Registriertechnik auf das Rheogramm beschäftigte, kommt zu dem Schluß, daß bei richtiger Handhabung und eindeutig standartisierten Untersuchungsbedingungen meßtechnisch absolut fehlerfrei rheographische

Pulskurven registriert werden können.

Heidrich wendet sich gegen den gegen die Rheographie vorgebrachten Einwand, daß das elektrische Feld sich schneller ausbreite als die Blutströmungsgeschwindigkeit und somit mehr als dieser Einfluß auf das Meßergebnis habe, mit dem Argument, daß ja die Blutströmungsgeschwindigkeit gegenüber der Ausbreitungsgeschwindigkeit des elektrischen Feldes als praktisch stationär angesehen werden muß.

Als schwerwiegendste Fehlerquelle bleibt die unterschiedliche Verstärkereinstellung der beiden Meßspannungen, da die hierbei auftretenden Unterschiede in der Kurvenform nicht mehr pathognomisch gedeutet werden können, sondern zu stark durch den falsch eingestellten Rheographen bedingt sind. Dieser Fehler kann dadurch vermindert werden, daß man vor Ableiten des Rheogramms die Testeichzacken miteinander vergleicht, die möglichst gleich groß sein sollen.

#### D. Ergebnisse

##### 1. Resultate

Es wurden zwanzig Patienten untersucht. Sie litten alle an Hemiplegia spastica infantilis. Wir führten jeweils zwei rheographische Ableitungen durch, wovon die erste von der Axilla bis zum Handgelenk und die zweite vom Oberschenkel bis zum oberen Sprunggelenk abgeleitet wurde.

In Tabelle 1 werden die Untersuchungen nach den Ergebnissen der Berechnung der relativen Pulsvolumina aufgeschlüsselt. In der ersten Zeile stehen jeweils die Ergebnisse aus den Ableitungen der oberen Extremität, in der unteren die der unteren Extremität. Gewertet wurden nur die Resultate der spastisch gelähmten Seite. Die Einteilung erfolgt in "sehr gut" durchblutet, "ausreichend" durchblutet und "schlecht" durchblutet.

Tabelle I: Übersicht über die Ergebnisse aus der Berechnung der relativen Pulsvolumina

| Name              | sehr gut<br>durchblutet | ausreichend<br>blutet | durch-<br>schlecht<br>durchblutet |
|-------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1. Sonja S.       | +                       | +                     |                                   |
| 2. Hansi F.       | +                       |                       |                                   |
|                   | +                       |                       |                                   |
| 3. Uschi G.       | +                       | +                     |                                   |
| 4. Walter F.      | +                       |                       |                                   |
|                   | +                       |                       |                                   |
|                   | +                       |                       |                                   |
| 5. Helga K.       | +                       |                       |                                   |
| 6. Robert F.      | +                       | +                     |                                   |
| 7. Daniel S.      | +                       | +                     |                                   |
| 8. Klaus B.       | +                       | +                     |                                   |
| 9. Stefan H.      |                         | +                     |                                   |
| 10. Toni R.       |                         | +                     |                                   |
|                   |                         | +                     |                                   |
| 11. Petra S.      |                         | +                     |                                   |
| 12. Horst S.      |                         | +                     |                                   |
|                   |                         | +                     |                                   |
| 13. Karl M.       | +                       | +                     |                                   |
| 14. Monika F.     | +                       | +                     |                                   |
| 15. Angelika D.   |                         | +                     |                                   |
| 16. Thomas M.     | +                       | +                     |                                   |
| 17. Sylvia H.     |                         | +                     |                                   |
|                   |                         | +                     |                                   |
| 18. Karl-Heinz M. |                         | +                     |                                   |
| 19. Johann G.     | +                       |                       | +                                 |
|                   | +                       |                       |                                   |
| 20. Edith S.      | +                       |                       |                                   |
|                   | +                       |                       |                                   |
|                   | <hr/>                   | <hr/>                 | <hr/>                             |
|                   | 18                      | 21                    | 1                                 |

In der oberen Zeile neben den Namen stehen jeweils die Ergebnisse aus den Ableitungen der oberen Extremitäten, in der unteren die der unteren Extremitäten.

In den vierzig Ableitungen ergeben sich bei den relativen Pulsvolumina achtzehnmal die Werte sehr gut durchblutet, einundzwanzigmal ausreichend durchblutet und einmal schlecht durchblutet. Als Grenze des relativen Pulsvolumens für normale Verhältnisse, "das die zum Zeitpunkt der Amplitude bereitgestellte Blutmenge in Promille des Volumens des versorgten Gliedmaßenabschnittes angibt", bezeichnet Kaindl 0,5 Promille.

Franke und Liedy nennen aber erst die Durchblutungsverhältnisse gut, bei denen ein relatives Pulsvolumen von über 1,0 Promille herrscht. Wir schlossen uns der letzteren Auffassung an und bezeichneten Werte, die zwischen 0,5 und 1,0 Promille lagen, als ausreichend durchblutet. Zweifelsohne spielen hierbei die individuellen Versuchsbedingungen eine große Rolle, denn wir verzeichneten Schwankungen von 0,49 bis 1,87 Promille. Zugute kam uns aber immer der Vergleich mit der gesunden Seite, die ja denselben Bedingungen, wie Tachycardie, excessiven Atemexkursionen und Zimmertemperatur, zur gleichen Zeit unterworfen war.

Bei der Beurteilung der rheographischen Pulskurvenformen konnten keine ausgesprochen normale oder pathologische Bilder gesehen werden. Ein Arm-Rheogramm konnte nicht sicher eingeteilt werden, da die einzelnen Pulskurvenformen zu unterschiedlich waren. Hier ist besonders der Umstand anzuklagen, daß die Kinder nur mit größter Mühe zu dem entsprechenden Verhalten angehalten werden konnten, und der Zustand der körperlichen Ent-

spannung und des Atemstillstandes nur während einer äußerst kurzen Zeitspanne bestand. Zu den Kurvenformen ist noch anzumerken, daß ein Kurvenbild die Form eines geringgradigen Gefäßerschaffungstyps wahrscheinlich als Folge einer Passageren Hauthyperthermie, zwei die Form einer Vasokonstriktion und die restlichen Kurven die Zeichen einer Gefäßwandrigidität aufweisen. Eine mehr oder minder ausgeprägte Verringerung der Gefäßwandelastizität stellt sich im Rheogramm durch eine Verringerung der Amplitudenhöhe, durch einen angeschrägten Anstieg aus der Basislinie, durch eine Verbreiterung des Kurvengipfels und durch eine Ausebnung oder basiswärtsgerichtete Verschiebung der dikroten Nachwelle.

Es ergibt sich, daß bei den achtzehn spastisch gelähmten Extremitäten, die nach der Berechnung des relativen Pulsvolumens eine gute Durchblutung haben, alle diese Gliedmaße dennoch eine geringgradige pathologische Veränderung der Gefäßwände aufzeigen. Bei insgesamt achtzig Einzeluntersuchungen an zwanzig Patienten fanden wir somit achtzehn Fälle einer sehr guten Durchblutung, einundsechzig Fälle einer ausreichenden Durchblutung und einen pathologischen Befund. Ausgedrückt in Prozent erhielten wir in 22,5 % eine sehr gute Durchblutung, in 76,25 % eine ausreichende Durchblutung, in 1,25 % eine pathologische Durchblutung.

Bei der Gegenüberstellung der Untersuchungsergebnisse von der gesunden zu der spastisch gelähmten Extremität zeigten 76 Befunde eine deutlich bessere Durchblutung der gesunden Seite an, viermal ließ sich kein Unterschied erkennen, bei keiner Untersuchung jedoch war die spastisch gelähmte Seite besser durchblutet.

## 2. Beispiele

Die Untersuchung eines Falles einer Hemiplegia spastica infantilis soll mehr Aufschluß geben.

Fall 11: Petra S. ist fünf Jahre alt und leidet an einer rechtsseitigen Hemiplegie. Das Mädchen ist geistig aufgeweckt und sehr lebhaft. Eine Atrophie der spastischen Extremitäten gegenüber den gesunden ist erkennbar, die typische Prädilektionshaltung ist angedeutet. Ein deutlicher Temperaturunterschied zwischen der gesunden und der kranken Seite besteht objektiv nicht, das Kind klagt jedoch über gelegentlich kalte Füße. Bei der Messung des Gesamtwiderstandes fällt der höhere Widerstand in dem spastischen Meßbereich auf, was sich durch den Wegfall zahlreicher Nebenschlüsse über die flüssigkeitshaltige Muskulatur erklärt. Abb. 2: Oberarmrheogramm Fall 11. Bei der Betrachtung der beiden rheographischen Pulskurvenformen imponiert auf den ersten Blick der große Unterschied zwischen rechts

und links. Die obere Kurve stellt die rechte, spastisch gelähmte Extremität dar. Die Auslenkung aus der Basislinie ist regelrecht, der Kurvengipfel ist kleiner als links und leicht abgerundet, die Nachwelle ganz verstrichen und basiswärts gerückt. Dies sind Zeichen für eine Verminderung der Gefäßwandelastizität.

Das relative Pulsvolumen errechnet sich folgendermaßen:

rechts (spastische Seite):

|                                   |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Gesamtwiderstand des Meßbereiches | 350 Ohm                   |
| Kapazität des Meßbereiches        | 250 nF                    |
| Eichzackenhöhe                    | 37 mm $\approx$ 0,5 Ohm   |
| Amplitudenhöhe                    | 21 mm $\approx$ 0,284 Ohm |

$$\text{relatives Pulsvolumen: } \frac{\Delta V}{V} = \frac{A}{R} = \frac{0,284}{350} = 0,81 \cdot 10^{-3}$$

links (gesunde Seite):

|                                   |                   |
|-----------------------------------|-------------------|
| Gesamtwiderstand des Meßbereiches | 330 Ohm           |
| Kapazität des Meßbereiches        | 250 nF            |
| Eichzackenhöhe                    | 35 mm = 0,5 Ohm   |
| Amplitudenhöhe                    | 22 mm = 0,314 Ohm |

$$\text{relatives Pulsvolumen: } \frac{\Delta V}{V} = \frac{A}{R} = \frac{0,314}{330} = 0,95 \cdot 10^{-3}$$

Das relative Pulsvolumen zeigt somit im Vergleich eine geringere periphere arterielle Durchblutung der spastischen Extremität an, jedoch herrschen auf beiden Seiten gute arterielle Durchblutungsverhältnisse.

Abb. 3: Rheogramm der unteren Extremität zu Fall 11:  
Auch hier entspricht die obere Kurve der spastischen Extremität. Man erkennt als Zeichen der geringen rechtsseitig herrschenden Gefäßwandrigidität die Verplumpung des Kurvengipfels, die verstrichene und basiswärts verschobene Nachwelle.

Als relatives Pulsvolumen errechnet sich:

Rechte, spastische Seite:

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| Gesamtwiderstand des Meßbereiches | 350 Ohm          |
| Kapazität des Meßbereiches        | 250 nF           |
| Eichzackenhöhe                    | 31 mm = 0,5 Ohm  |
| Amplitudenhöhe                    | 21 mm = 0,32 Ohm |

$$\text{relatives Pulsvolumen: } \frac{\Delta V}{V} = \frac{A}{R} = \frac{0,32}{350} = 0,97 \cdot 10^{-3}$$

Linke, gesunde Seite:

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Gesamtwiderstand des Meßbereiches | 290 Ohm |
| Kapazität des Meßbereiches        | 250 nF  |

Eichzackenhöhe  
Amplitudenhöhe

22 mm = 0,5 Ohm  
13 mm = 0,298 Ohm

$$\text{relatives Pulsvolumen: } \frac{\Delta V}{V} = \frac{A}{R} = \frac{0,298}{290} = 1,03 \cdot 10^{-3}$$

Bei bestehender Gefäßwandrigidität rechts herrschen also auch hier in beiden Extremitäten ausreichende arterielle Durchblutungsverhältnisse, wobei das spastische Bein eine etwas geringere Durchblutung aufweist.

### 3. Statistik

Zweck unserer Untersuchung war es festzustellen, ob ein signifikanter Unterschied in der peripheren arteriellen Durchblutung zwischen den gesunden und den spastisch gelähmten Extremitäten bei infantilen spastischen Hemiplegien besteht. Wegen der Anzahl der im Münchner Spastikerzentrum zusammengefaßten Hemiplegiker und der Kinder, die in die orthopädische Ambulanz der Universitätspoliklinik kamen, wendeten wir zur Berechnung der Signifikanz die Merkmalstatistik an (10). Im Gegensatz zur Ereignisstatistik handelt es sich bei der Merkmalstatistik um den Vergleich zweier Mittelwerte ganzer Reihen. Als Streuungsmaß für Messungsreihen dient die Quadratwurzel aus dem Mittelwert der Fehlerquadrate. Der Vorteil der Merkmalstatistik liegt darin, daß die beiden Messungsreihen keine Normalverteilung zeigen müssen, da nur Mittelwerte zur Berechnung gelangen und die mittleren Fehler der Mittelwerte dieser Reihen stets Normalverteilung zeigen.

Tabelle II

Spastische Seite

| Einzelmessung        | Fehler der Einzelmessung | Fehlerquadrat              |
|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| $V_I \times 10^{-3}$ | $V_{IF} \times 10^{-5}$  | $V_{IF}^2 \times 10^{-10}$ |
| 0,90                 | 9                        | 81                         |
| 1,00                 | 1                        | 1                          |
| 1,13                 | 14                       | 196                        |
| 0,95                 | 4                        | 16                         |
| 1,19                 | 20                       | 400                        |
| 0,87                 | 12                       | 144                        |
| 1,38                 | 39                       | 1521                       |
| 0,57                 | 42                       | 1764                       |
| 0,78                 | 21                       | 441                        |
| 0,77                 | 22                       | 484                        |
| 0,81                 | 18                       | 324                        |
| 0,68                 | 31                       | 961                        |
| 0,75                 | 24                       | 576                        |
| 0,74                 | 25                       | 625                        |
| 0,59                 | 40                       | 1600                       |
| 1,25                 | 26                       | 676                        |
| 0,52                 | 47                       | 2209                       |
| 0,80                 | 19                       | 361                        |
| 1,13                 | 14                       | 196                        |
| 1,21                 | 22                       | 484                        |
| 1,11                 | 12                       | 144                        |
| 1,53                 | 54                       | 2916                       |
| 1,44                 | 45                       | 2025                       |
| 1,78                 | 79                       | 6241                       |
| 1,57                 | 58                       | 3364                       |
| 1,26                 | 27                       | 729                        |

|      |    |      |
|------|----|------|
| 0,99 | 0  | 0    |
| 1,45 | 46 | 2116 |
| 0,70 | 29 | 841  |
| 0,99 | 0  | 0    |
| 0,97 | 2  | 4    |
| 0,55 | 44 | 1936 |
| 1,17 | 18 | 324  |
| 1,14 | 15 | 225  |
| 0,87 | 12 | 144  |
| 0,90 | 9  | 81   |
| 0,64 | 35 | 1225 |
| 0,49 | 50 | 2500 |
| 1,02 | 3  | 9    |
| 1,09 | 10 | 100  |

$$\underline{39,61 \times 10^{-3}}$$

$$\underline{\sum v_{IF}^2 \cdot 10^{-10} = 38\,155 \times 10^{-10}}$$

$$A_1 = 39,61 : 40 = 0,99 \times 10^{-3}$$

Tabelle III

Gesunde Seite

| Einzelmessung        | Fehler der Einzelmessung | Fehlerquadrat              |
|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| $V_2 \times 10^{-3}$ | $V_{2F} \times 10^{-5}$  | $V_{2F}^2 \times 10^{-10}$ |
| 1,00                 | 13                       | 169                        |
| 1,00                 | 13                       | 169                        |
| 1,07                 | 6                        | 36                         |
| 1,16                 | 3                        | 9                          |
| 1,28                 | 15                       | 225                        |
| 0,92                 | 21                       | 441                        |
| 1,44                 | 31                       | 161                        |
| 0,87                 | 26                       | 676                        |
| 1,00                 | 13                       | 169                        |
| 0,96                 | 17                       | 289                        |
| 0,95                 | 18                       | 324                        |
| 0,96                 | 17                       | 289                        |
| 0,94                 | 19                       | 361                        |
| 0,84                 | 29                       | 841                        |
| 0,64                 | 49                       | 2401                       |
| 1,39                 | 26                       | 676                        |
| 0,61                 | 52                       | 2704                       |
| 0,89                 | 24                       | 576                        |
| 1,31                 | 18                       | 324                        |
| 1,21                 | 8                        | 64                         |
| 1,19                 | 6                        | 36                         |
| 1,57                 | 44                       | 1936                       |
| 1,51                 | 38                       | 1444                       |
| 1,87                 | 74                       | 5476                       |
| 1,61                 | 48                       | 2304                       |
| 1,45                 | 6                        | 36                         |
| 1,10                 | 3                        | 9                          |
| 1,48                 | 35                       | 1225                       |
| 0,96                 | 17                       | 289                        |

|                                          |    |                                  |
|------------------------------------------|----|----------------------------------|
| 1,13                                     | 0  | 0                                |
| 1,03                                     | 10 | 100                              |
| 0,69                                     | 44 | 1936                             |
| 1,24                                     | 11 | 121                              |
| 1,21                                     | 8  | 64                               |
| 1,00                                     | 13 | 169                              |
| 0,95                                     | 18 | 324                              |
| 0,94                                     | 19 | 361                              |
| 0,77                                     | 36 | 1296                             |
| 1,28                                     | 15 | 225                              |
| 1,15                                     | 2  | 4                                |
| <u>45,58 x 10<sup>-3</sup></u>           |    | <u>27 192 x 10<sup>-10</sup></u> |
| $A_2 = 45,58 : 40 = 1,13 \times 10^{-3}$ |    | $\sum v_{2F} \cdot 10^{-10}$     |

Die Formel für die mittlere Fehlerberechnung der Mittelwerte ganzer Reihen lautet:

$$U_D = \sqrt{\frac{\sum v_{1F}^2 \cdot 10^{-10}}{n(n-1)} + \frac{\sum v_{2F}^2 \cdot 10^{-10}}{n(n-1)}}$$

dabei bedeutet:

$U_D$  = mittlerer Fehler der Differenz der Mittelwerte ganzer Reihen

$n$  = Anzahl der Fälle

$\sum v_{1F}^2$  = Summe aller Fehlerquadrate der ersten Reihe

$\sum v_{2F}^2$  = Summe aller Fehlerquadrate der zweiten Reihe

In unserer Berechnung beträgt:

$$U_D = \sqrt{\frac{27192 \cdot 10^{-10}}{1560} + \frac{38155 \cdot 10^{-10}}{1560}}$$

$$= 0,0646 \cdot 10^{-3}$$

Eine Signifikanz ist gegeben, wenn:

$$3 \cdot U_D \text{ kleiner ist als } M_D = A_1 - A_2$$

$M_D$  = Differenz der Mittelwerte der beiden Reihen = 0,14

$$3 U_D = 0,0646 \cdot 3 = 0,1938$$

Es ergibt sich also, daß sich die Durchschnittswerte für spastisch und gesund um einen Betrag unterscheiden, der kleiner als die Streuungsbreite ist. Es besteht also kein signifikanter Unterschied, und die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Ergebnisse beträgt nach der verwendeten Formel ( $3 U_D$ ) 99,73 %.

### III. Diskussion

Nach der statistischen Berechnung besteht also kein signifikanter Unterschied der peripheren arteriellen Durchblutung zwischen den spastisch gelähmten und den gesunden Extremitäten. Zu demselben Ergebnis kommt auch Foucar in seiner Inauguraldissertation über Durchblutungsmessungen an der unteren Extremität bei infantiler Cerebralparese. Zu ihm gelangten neben Hemiplegikern hauptsächlich Diplegiker zur Untersuchung, woraus sich unsere Aufgabe ergab, die Untersuchungen auf die obere Extremität auszuweiten und als Patientengut nur Hemiplegiker zu nehmen, da bei diesen der Vorteil besteht, daß situationsbedingte Einflüsse wie Wärme, Kälte, Tachycardie, Atemlage, in gleicher Weise und zur selben Zeit sowohl die gesunde, als auch die kranke Seite und dadurch auch deren Rheogramme beeinflussen. Dadurch ergibt sich unserer Ansicht nach eine optimale Effektivität der Vergleichsmöglichkeit, zumal die zu vergleichenden Rheogramme stets über einen gleich großen Meßbereich abgeleitet wurden.

Der Grund dafür, daß die gesunde in ihrer Funktion

nicht beeinträchtigte Extremität nicht signifikant besser durchblutet ist, dürfte wohl in der mangelnden Ausnutzung der Gebrauchsfähigkeit der gesunden Muskulatur liegen. Nach Damm ( 7 ) wird die Durchblutung der Muskulatur fast ausschließlich durch den chemischen Reiz der bei Muskel-tätigkeit anfallenden Abbauprodukte gesteuert. Auf der kranken Seite wird die spastische Muskulatur weniger eingesetzt, es herrscht somit ein geringerer Blutbedarf, der ja eigentlich den größten Reiz für eine Durchblutungssteigerung der Muskulatur darstellt. Wird dieser Zustand chronisch, so ist auch mit einer Anpassung des Gefäßsystems auf diese Gegebenheiten zu rechnen. Diese Einstellung könnte auf dreierlei Weise erfolgen:

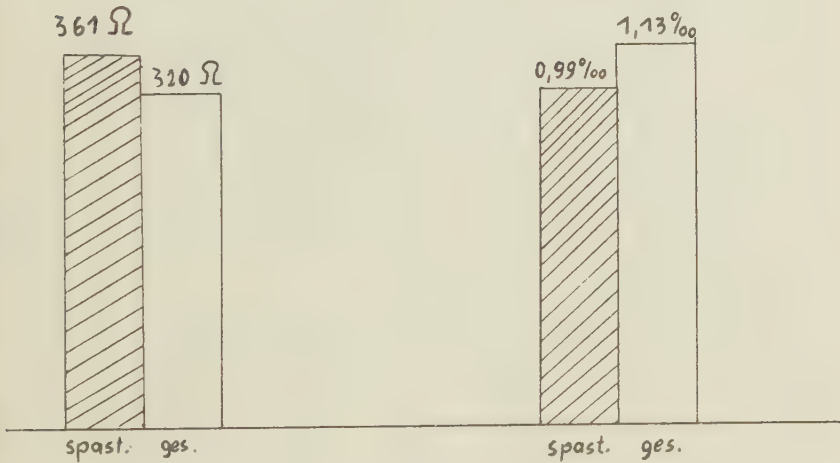
erstens kommt es aufgrund des geringeren Bedarfs nur zur Anlage von Arterien geringeren Kalibers, zweitens entfällt weitgehend der Reiz zur Ausbildung eines Kollateralgefäßsystems und drittens werden die Gefäße auf die Dauer auch mit einem Verlust an Elastizität reagieren, da sich der Wechsel zwischen Arbeit und Ruhe nie in einem solchen Bereich abspielt, wie er zum Beispiel in einem gesunden, durchtrainierten Muskel üblich ist. Bei der Bewertung und dem Vergleich der rheographischen Puls-kurvenform zwischen gesunder und spastisch gelähmter Extremität konnten wir vielfach, wenn auch in abgeschwächter Form, einen Beginn der Gefäßwandrigidität in der gesunden Muskulatur sehen, den wir uns, wie oben erwähnt, dadurch erklären, daß einem Kind mit einer spastischen Hemiplegie auch der Gebrauch der gesunden Seite durch das Handicap der kranken nicht bis zur normalen Funktionsgrenze möglich ist. Als viertes tritt durch die dauernde Schonung der erkrankten Extremität eine Inaktivitäts-atrophie auf. Dies läßt sich durch unsere Untersuchung belegen.

Der Gesamtwiderstand des Meßbereiches spiegelt den Zustand der Muskulatur wider. Bei einer Atrophie fallen zahlreiche Nebenschlüsse über die normalerweise stark flüssigkeitshaltige Muskulatur weg, die Leitfähigkeit sinkt und der elektrische Widerstand steigt.

Mit dem sogenannten relativen Pulsvolumen, das ist der Quotient aus der Pulsamplitude und dem Gesamtwiderstand des Meßbereiches, erhält man einen meßbaren Einblick in die Durchblutungsverhältnisse. Trotz der oft nur geringen Unterschiede der Pulsamplitudenhöhe zwischen gesunder und kranker Seite werden höhere Pulsvolumina der gesunden Extremität gefunden. Diese Tatsache ist darauf zurückzuführen, daß eben der Widerstand des gesunden Meßbereiches wegen der zahlreichen Nebenschlüsse geringer ist.

Tabelle III

Gegenüberstellung des durchschnittlichen Gesamtwiderstandes und des durchschnittlichen relativen Pulsvolumens der spastischen zur gesunden Seite.



Das Schema soll noch einmal veranschaulichen, daß sich das relative Pulsvolumen umgekehrt proportional zu dem Gesamtwiderstand verhält. Mit erhöhter Atrophie der Muskulatur steigt der Gesamtwiderstand, während die arterielle Durchblutung sinkt.

#### F. Zusammenfassung

An insgesamt zwanzig Patienten im Alter von fünf bis sechzehn Jahren mit einer Hemiplegia spastica infantilis führten wir jeweils zwei Ableitungen durch, die eine an der oberen Extremität und die andere an der unteren Extremität. Wir erhielten dadurch vierzig Rheogramme der gesunden Seite und ebensoviele der spastisch gelähmten. Da der Meßbereich auf beiden Seiten gleich groß war, konnten wir direkt die entsprechenden Rheogramme vergleichen. Wir beurteilten die rheographischen Ableitungen einmal nach der Höhe des relativen Pulsvolumens, zum anderen nach der Pulskurvenform und erhielten somit achtzig Einzelergebnisse. Wir fanden achtzehn völlig normale Befunde ( = 22,5 % ), einundsechzig Befunde ( = 76,25 % ), die ausreichende Durchblutungsverhältnisse anzeigten, und einen pathologischen Befund ( = 1,25 % ).

Bei dem Vergleich dieser Ergebnisse mit denen der gesunden Seite zeigte sich in 76 Fällen eine bessere Durchblutung der gesunden Seite, in vier Fällen bestand kein Unterschied und in keinem Fall war die Durchblutung der spastischen Seite besser als die der gesunden.

Es besteht also bei spastischer Halbseitenlähmung eine verminderte arterielle Durchblutung der kranken Seite, die sich jedoch statistisch nicht als signifikant erweist und unserer Ansicht nach durch den geringen Blutbedarf der atrophierten Muskulatur bedingt ist.

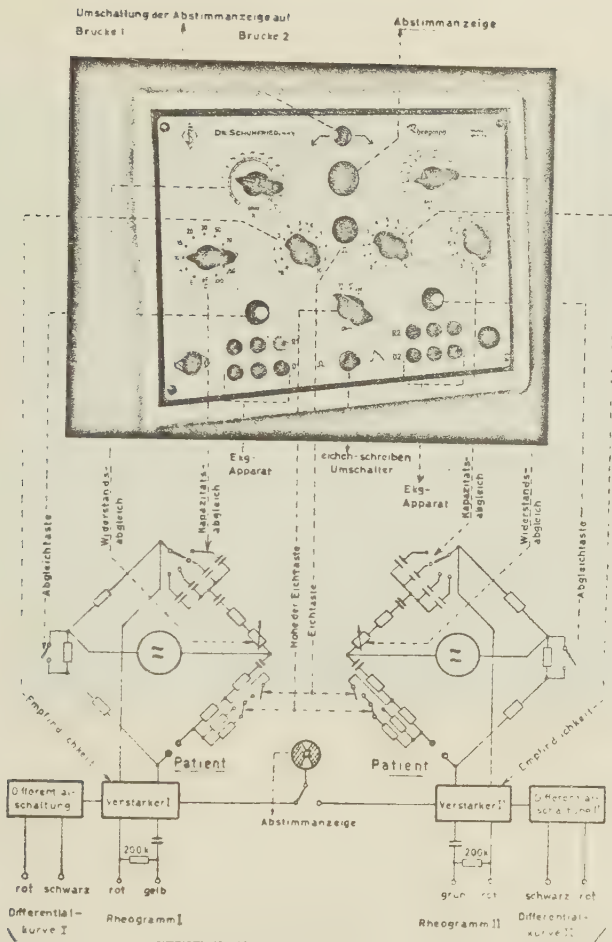


Abb. 1 : Gesamtansicht und Schaltschema des Rheographen  
Aus " Rheographie " Kainul, Polster, Schmitt

Abb.2: Rheogramm der oberen Extremität zu Fall 11

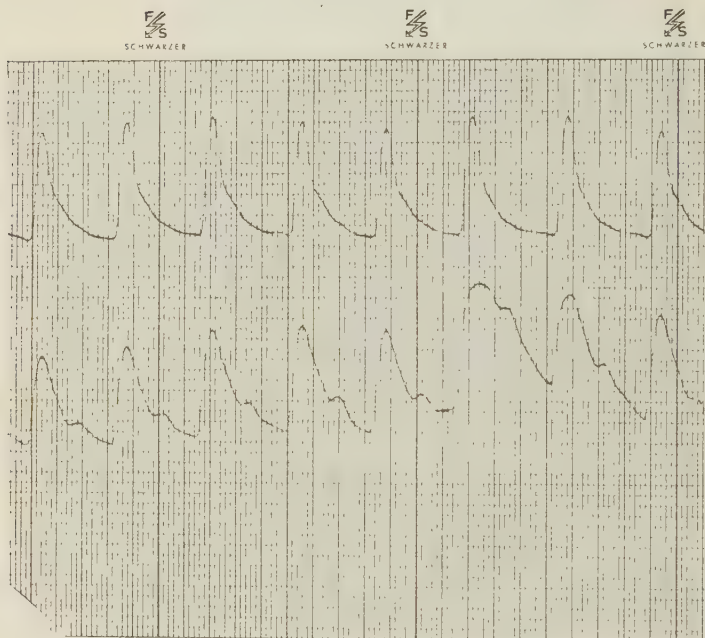
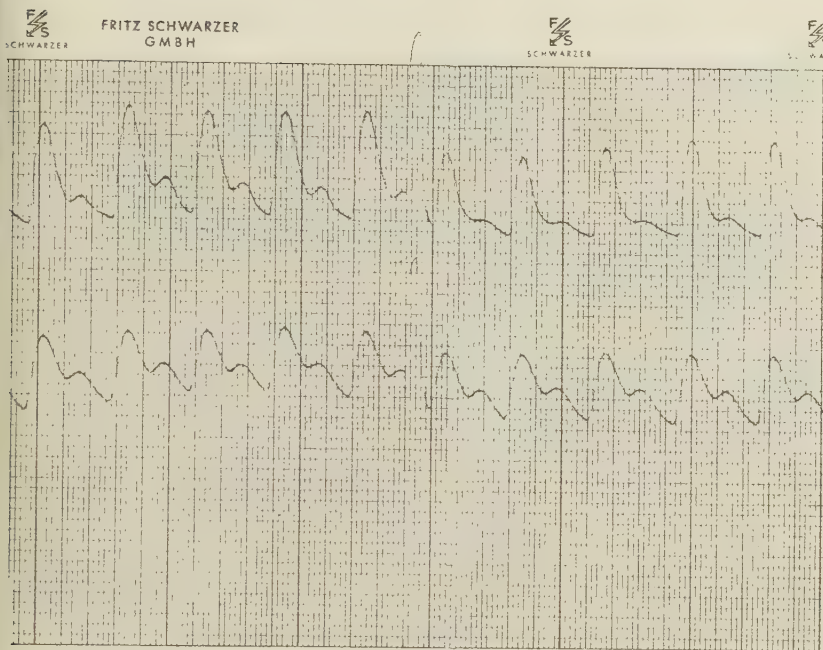


Abb.3: Rheogramm der unteren Extremität zu Fall 11



## Literaturverzeichnis

1. Göb A. 'Klinik und Behandlung zerebralschädigter Kinder' im Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie von M. Lange
2. Asperger H. 'Klinik der infantilen Zerebralparesen' in 'Die infantilen Zerebralparesen' Herausgeber K. Lindemann
3. ten Bruggenkate G. 'Vorlesungen zur Physiologie des Rückenmarkes' München und Göttingen 1966
4. Kaeser H. 'Spastische Paresen' in 'Klinische Pathophysiologie' Herausgeber W. Siegenthaler
5. Tönnis W., Krenkel W. 'Neurologie und Neurochirurgie' in 'Die infantilen Zerebralparesen' Herausgeber K. Lindemann
6. Zülch K.J. 'Morphologie und klinische Typen' in 'Die infantilen Zerebralparesen' Herausgeber K. Lindemann
7. Damm G. 'Zur Klinik und Therapie arterieller Durchblutungsstörungen der Gliedmaßen' in Fortschritte der Medizin, 82. Jahrgang (1964) Heft Nr. 21
8. Franke W. und Liedy G. 'Moderne Wege zur Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen' und ihre Behandlung' Medizinische Monatsschrift Jhg. 16 (1962) Heft 10

9. Heidrich H. 'Untersuchungen über den Einfluß unterschiedlicher Registriertechnik auf das Extremitätenlängsrheogramm'
10. Neuß O. 'Statistik und Berechnung in der Medizin' Materia Medica Nordmark XVII/15
11. Kaindl F., Polzer K.  
Schuhfried F. 'Rheographie - eine Methode zur Beurteilung peripherer Gefäße'  
'Steinkopf Verlag, Darmstadt
12. Foucar J. Inauguraldissertation: 'Durchblutungsmessungen an der unteren Extremität bei infantiler Cerebralparese'

Meinem Doktorvater, Herrn Priv. Doz. Prof. Dr. A. Göb  
möchte ich für die Überlassung des Themas und  
manche Anregung dazu danken.

Herrn Prof. Dr. A. N. Witt danke ich für die Übernahme  
des Korreferates.

Ganz besonderen Dank schulde ich auch Herrn Dr. S. Stotz,  
der mir stets mit Rat und Tat bei der Ausführung der  
Arbeit zur Seite stand.

Nicht vergessen sei an dieser Stelle auch Frau  
Kimndorfer, die als leitende Krankengymnastin des  
Spastikerzentrums München, mich bei allen organi-  
satorischen Problemen nach besten Kräften unterstützte.

Am 1.August 1972

## Mein Lebenslauf

Am

20.Mai 1943 wurde ich als Sohn des Gynäkologen, Dr. med. Heinz Donhauser, und seiner Frau Helene, geb. Vethake, in Berlin geboren. Während des Krieges wurden wir mehrmals evakuiert und landeten schließlich 1946 in Bayern

1949 begann für mich das Schulleben in Pullach, Landkreis München.

1952 zu Beginn meines vierten Volksschuljahres kam ich in das Institut der Englischen Fräuleins nach Fürstenstein, wo ich auch die erste Klasse des hauseigenen Gymnasiums besuchte.

1954 wechselte ich die Schule zuerst nach Bamberg ins Alte Gymnasium, dann

1956 nach München ins Theresiengymnasium, wo ich 1963 das Zeugnis der Reife erhielt. Im Herbst desselben Jahres immatrikulierte ich mich als Student der Naturwissenschaften an der Universität München. Im Wintersemester

1964/65 wechselte ich die Fakultät und begann Medizin zu studieren.

Am

18.8.1970 bestand ich das ärztliche Staatsexamen und trat meine Medizinalassistentenausbildung am

1.9.1970 an der orthopädischen Poliklinik der Universität München an.

1.1.1971-31.5.1971 war ich als Medizinalassistent an der II. Medizinischen Klinik der Universität München angestellt und vom

1.7.1971-31.10.1971 an der chirurgischen Abteilung des Versorgungskrankenhauses Bad Tölz.

Seite 122

1.11.1971 arbeitete ich im Dr.Otto-Gessler Kranken-  
haus in Lindenberg im Allgäu als chirurgischer  
Assistenzarzt  
und vom

1.4.1972 als solcher in der Klinik,Martha-Maria in  
München-Solln.

Seit dem

3.7.1972 leiste ich meinen fünfzehn Monate dauernden  
Grundwehr dienst in München.







